

Europäisches Patentamt
(19) /~II Euro^Pean!Patent!Office
Office europeen!des!brevets (11) EP 1 038!505!A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)!Veröffentlichungstag:
27.09.2000!Patentblatt 2000/39 (51)!Int.!Cl7: A61B!18/18

(21) Anmeldenummer: 00250088.2

(22) Anmeldetag: 09.03.2000

(84)!Benannte!Vertragsstaaten:
AT!BE!CH!CYDE!DKES!F!FRGBGRIEITLILU
MC!NL!PT!SE
Benannter!Erstreckungsstaaten:
ALLT!LV!MK!RO!SI

(30)!Priorität: 23.03.1999!DE!19914108

(71)!Anmelder: PlasmaPhotonics!GmbH
12489!Berlin!(DE)

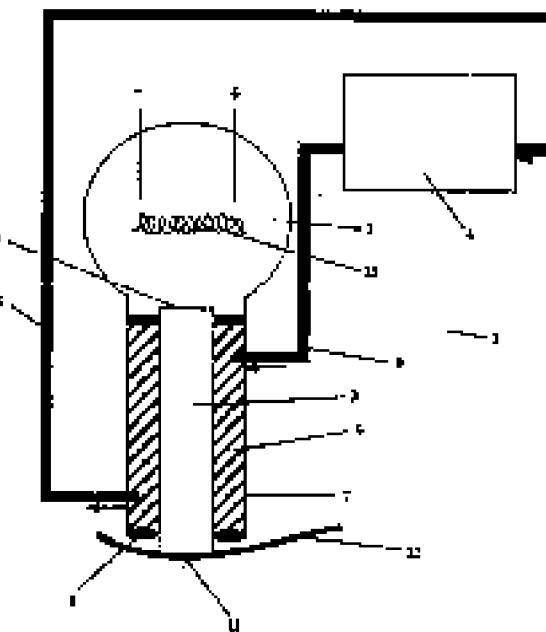
(72)!Erfinder: Conrady,Jurgen
13051!Berlin!(DE)

(74) Vertreter:
Effert,Bresse!and!Kollegen
Radickestrasse!48
12489!Berlin!(DE)

(54) Bestrahlungsanordnung,!insbesondere!zur!optischen!Thermolyse

(57) Die!Erfindung!betrifft!eine!Bestrahlungsanordnung!(1),!insbesondere!zur!optischen!Thermolyse,
umfassend!eine!nichtkoharente!NIR-Lichtquelle!(2),
einen!der!NIR-Lichtquelle!(2) zugeordneten!Lichtwellenleiter!(3) und!eine!Kuhleinrichtung!(4),!wobei!der
Lichtwellenleiter!(3) einstückig!aus!einem!massiven
Saphir!oder!Quarz!gebildet!ist,!urn!dessen!Umfang!mindestens!teilweise!ein!in!einem!geschlossenen!Kahl-
kreislauf!befindliches!Kühlmittel!sich!befindet.

Pig.!!



Q
E
S
C
O
M
O

a
w

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strahlungsanordnung, insbesondere zur optischen Thermolyse, umfassend eine nichtkohärente NIR-Lichtquelle, einen Lichtwellenleiter und eine Kuhleinrichtung zur Kühlung der oberen Hautschichten und eine pulsbare NIR-Lichtquelle.

[0002] Der spektrale Bereich zwischen ca. 700 und 1.300 nm ist für verschiedene dermatologische und such bildgebende Anwendungen sehr interessant, da in diesem Spektralbereich eine nur noch geringe Absorption durch den Hautfarbstoff Melanin erfolgt und somit eine große Eindringtiefe der Strahlung in diesem Wellenlangenbereich gewährleistet ist. Mögliche Lichtquellen, die diesen Spektralbereich abdecken, sind Neodym-YAG-Laser sowie GaAs-Laserdioden. Darüber hinaus finden nichtkohärente Lichtquellen, wie beispielsweise Xenon-Hochdrucklampen, Verwendung.

[0003] Obwohl die Absorption des Blutfarbstoffs im nahen Infrarot um mehrere Größenordnungen geringer ist als im sichtbaren Bereich, sind doch die Absorptionsunterschiede zum umliegenden Gewebe so stark, daß eine selektive Erwärmung von bestimmten Gefäßen durch NIR-Strahlung möglich ist. Beispielsweise beträgt die Eindringtiefe von Nd-YAG-Strahlung bei einer Wellenlänge von 1064 nm in Haut 4 mm und in Blut 0,8 mm (Berlien, Müller, Angewandte Lasermedizin, II, -3.1, 33, Tab. 6.1, EcoMed-Verlag 1997). Bei den interessierenden Gefäßen handelt es sich beispielsweise um erworbene Gefäßbildung aus dem Varikosiskomplex (Krampfadern). Die Erwärmung des Gefäßlumens, beispielsweise durch Gefäßabsorption, führt zu einer Schädigung des Gefäßendothels. Hierdurch sinken die vom Endothel abgegebenen gerinnungshemmenden Faktoren wie Stickoxide (NO) sowie Prostazyklin (PGI₂) ab. Thrombozyten lagern sich an der Gefäßwand an und bilden schließlich einen aus Erythrozyten und Thrombozyten bestehenden, das Gefäß verschließenden roten Thrombus. Jetzt fließt durch die Krampfader kein Blut mehr, und im weiteren Verlauf wird dieser Thrombus von Bindegewebe durchwachsen und somit das Gefäß verödet.

[0004] Bei der Behandlung oberflächlicher Gefäßveränderungen reicht es oft aus, ohne externe Kühlung auszukommen, daß infolge der kurzen Impulszeiten eine gewebeschädigende Wärmeausbreitung in das umliegende Hautgewebe ausbleibt. Will man jedoch tiefer liegende Strukturen, wie beispielsweise Haarwurzeln, über die kritische Temperatur von ca. 80°C erhitzen, ohne die oberen Hautschichten thermisch zu verletzen, so ist eine externe Kühlung unabdingbar, die die Absorptionswärme der Strahlung aus der obersten Hautschicht, die unverletzt bleibt, ableitet.

[0005] Aus der US-5,282,797 ist eine Bestrahlungseinrichtung bekannt, umfassend einen NIR-Laser, einen Lichtwellenleiter und einen mit einem Kühlmittel gefüllten Behälter. In einer bevorzugten Ausführungsform ist

der Behälter als flexibler Beutel mit einem Zulauf und einem Ablauf ausgebildet und in einen geschlossenen Kreislauf eingebunden. Der flexible Beutel wird zwischen der Haut und dem Lichtwellenleiter angeordnet. Durch die flexible Ausbildung des Beutels paßt sich dieser der Umgebung der Haut an, und der Lichtwellenleiter kann direkt auf den Beutel aufgesetzt werden. Beutel und Kühlmittel sind transparent für die NIR-Strahlung ausgewählt, so daß diese nahezu ungeschwächt auf die Haut trifft, wobei Ober das Kühlmittel der oberen Hautschicht Wärme entzogen wird und somit thermische Schädigungen der oberen Hautschicht vermieden werden. Nachteilig an den bekannten Bestrahlungsanordnungen mit NIR-Lasern sind die extrem großen Kosten. Ein weiteres Problem stellen die erforderlichen ultralangen 11 R-Pulse mit einer Pulsdauer von beispielsweise 50-200 ms mit einer Pulsennergie von beispielsweise 50-200 J dar, die nur mit großem Aufwand zu erreichen sind. Um in mehreren mm Tiefe noch ausreichende Energiedichten zu erreichen, wurde es erforderlich, die Behandlungsfläche auf mindestens 1 cm² und die Pulslängen auf bis zu mehrere 100 ms zu erhöhen.

[0006] Diese günstigen Behandlungsparameter kommen den physikalischen Eigenschaften eines Lasers nicht entgegen. Die Pulszeiten von gut geschalteten Lasern sind so kurz, daß nur kleinste oberflächliche Strukturen behandelt werden können. Für verschiedene Hauterkrankungen ist die gleichzeitige Behandlung von einem oder mehreren cm² Hautberfläche günstig. Die erforderliche Strahl-aufweitung von beispielsweise 40.000 µm² auf 1 cm² ist mit einem erheblichen technischen Aufwand verbunden und hebt gleichzeitig den eigentlichen lichtkonzentrierten Laser-Effekt teilweise auf.

[0007] Der vergleichsweise schlechte Wirkungsgrad der Laser bedingt einen erhöhten technischen Aufwand, so daß in jungster Zeit vermehrte Laserdiode-barren eingesetzt werden, bei denen eine Vielzahl einzelner Laserdioden von beispielsweise 1-3 W Ober-Einzelflasern mit dem Einsatzort verkoppelt sind. Diodengepumpte Festkörperlaser, aber auch nichtkohärente Blitzlampen haben üblicherweise Pulslängen im ns- bis ms-Bereich, so daß aufwendige Resonator-modifikationen für langere Pulse notwendig sind. Laserdioden haben den Nachteil, daß diese aus thermischen Gründen nicht im gut geschalteten Pulsbetrieb betrieben werden können, sondern sich lediglich im cw-Betrieb ein- und ausschalten lassen. Um die erforderliche Leistung zu erreichen, benötigt man eine sehr hohe Anzahl von Laserdiodenstacks, die zur Zeit mehrere 10.000 DM kosten.

[0008] Aus der US-5,620,478 ist eine Bestrahlungsanordnung mit einer nichtkohärenten Strahlungsquelle bekannt, die als Xenon-Hochdruckblitzlampe ausgebildet ist. Die Blitzlampe ist dabei in einem Reflektor angeordnet, dem ein Lichtwellenleiter zugeordnet ist, in den die erzeugte optische Strahlung eingekoppelt wird und

dessen Austrittsfäche auf die bestrahlte Hautpartie aufgesetzt wird. Aufgrund der divergenten Strahlung der Lichtquelle ist eine Kuhleinrichtung, wie dies von den Laseranordnungen bekannt ist, nicht möglich, da es an den Grenzschichten zu dem KOHlmittel zu Reflexionen und Streuungen kommen würde. Daher wird als Alternative ein für die NIR-Strahlung transparentes, kOHlen- des Gel vorgeschlagen, das auf die zu behandelnde Hautpartie aufgetragen wird. Wie sich jedoch in der praktischen Anwendung gezeigt hat, 1st die Wärmeabfuhr durch das Gel zu gering, so daß es häufig zu Verbrennungen in der oberen Hautschicht kommt. Ein weiterer Nachteil ist, daß infolge der hohen Plasmatemperatur von 6000°C ein bis in den UVC-Bereich reichendes kontinuierliches Spektrum mit nur einem geringen NIR-Anteil erzeugt wird, so daß der Wirkungsgrad verhältnismäßig schlecht 1st. Zudem sind daher aufwendige Filtermaßnahmen zur Unterdrückung der nicht gewünschten Spektralbereiche notwendig. Weiterhin benötigen die Blitzlampen aufgrund der hohen Temperaturen eine aufwendige Wasserkühlung, die Service- und Herstellkosten weiter erhöhen.

[0009] Aus der US-5,344,418 ist eine Bestrahlungsanordnung mit einer Hochdruckentladungslampe als NIR-Lichtquelle bekannt, deren emittierte Strahlung in einem Lichtwellenleiter eingekoppelt wird, Ober eine erste Linse gesammelt, Ober einen Spiegel umgelenkt, eine zweite Linse gesammelt und Ober eine weitere aus Saphir bestehende Linse aus der Anordnung heraustritt. Die Saphirlinse wird dabei von einem KOHlgas wie CO₂, Freon oder einem ähnlichen Gas umspült und entsprechend abgekuhlt, wobei dann die gekühlte Saphirlinse direkt auf die zu behandelnde Hautpartie aufgesetzt wird. In einer alternativen Ausführungsform wird vorgeschlagen, daß das Licht aus dem Lichtwellenleiter direkt auf die Saphirlinse gestrahlt wird. Nachteilig an der bekannten Vorrichtung 1st die geringe Wärmekapazität der Saphirlinse aufgrund des geringen Volumens. Verstärkt wird dieses Problem durch die Beschränkung auf KUhgase, die im Vergleich zur KOHlfössigkeit erheblich weniger Wärme aufnehmen können. Fössigkeiten können wegen der ansonsten auftretenden Dispersion an der Saphirlinse nicht verwendet werden. Ein weiteres Problem stellen thermisch isolierende Dampfschichten des KOHlgases oberhalb der Saphirlinse dar, die durch geeignete Verwirbelungs-technik vermieden werden müssen.

[0010] Aus der US-5,830,208 ist eine Bestrahlungsanordnung bekannt, bei der die KOHleinrichtung als Pelterelement ausgebildet 1st. Der eine Nachteil der bekannten Anordnung ist, daß die handelsüblichen Pelterelemente nicht ausreichend KOHlleistung zur Verfolgung stellen, um Verbrennungen der oberen Hautschicht zu verhindern. Bei einem Einsatz der Pelterelemente in einer Anordnung gemäß 3 der US-5,344,418 stellt sich zusätzlich das Problem, daß eine seitliche KOHlung der Saphirlinse aufgrund der geringen Umfangsfläche der Linse nur ungenugend 1st. Verstärkt

wird dieser Effekt durch die notwendige seitliche Fassung der Linse, die wiederum einen erhöhten Wärme-Obergangswiderstand bildet. Zudem führen geringe Luftsäume zwischen der Fassung und der Saphirlinse zu einer bereits erheblich ins Gewicht fallenden thermischen Isolierung der Saphirlinse.

[0011] Aus der US-5,814,040 ist eine Bestrahlungsanordnung mit einem NIR-Laser bekannt, der eine Sprühseinrichtung für ein Kaltemittel, vorzugsweise R 134 A zugeordnet ist, mittels derer die zu behandelnde Hautoberfläche kurzzeitig im Bereich von 10 ms besprührt und somit geköhlt wird. Dadurch sollen einerseits die erwähnten Verbrennungen in der oberen Hautschicht vermieden werden und andererseits sichergestellt werden, daß die tieferliegenden, zu erwärmenden Hautschichten nicht abgekühlt werden. Zwar führt die entstehende Verdunstungswärme zu einem schnellen Abköhlen des Gewebes, jedoch ist die Abkühlung nur schwer steuerbar, so daß zum einen nur sehr kurze Impulse im Bereich von 100 ms verwendet werden und zum anderen durch starkes Anblasen vermieden werden muß, daß sich eine thermisch isolierende KOHlmittelschicht ausbildet. Unter **Ökologischen** Gesichtspunkten 1st weiterhin das Entweichen von für den Abbau der Ozonschicht verantwortlichen FCKW's bedenklich. Ein weiteres Problem stellt bei Verwendung nichtkoharenter Strahlungsquellen die Unterbrechung des Strahlenganges dar. Zwischen Haut und Applikatorende muß ein Luftsäum verbleiben, der für die Zufuhr von KOHlmittel benötigt wird. Dadurch entstehen jedoch zusätzliche Grenzschichten, die bei inkoharenten Strahlungsquellen zu erheblichen Einkoppelungsverlusten führen.

[0012] Aus der US-4,233,493 ist eine Bestrahlungsanordnung zum Stoppen von Blutungen bei chirurgischen Eingriffen bekannt, umfassend eine als GLOhleuchte ausgebildete NIR-Lichtquelle, einen die IR-Lichtquelle umgebenden Reflektor, einen Lichtwellenleiter und eine an der Austrittsöffnung des Lichtwellenleiters angeordnete Kappe oder Scheibe, die beispielsweise aus Quarz oder Saphir besteht. Die GLOhleuchte ist dabei vorzugsweise als konventionelle Wolfram-GLOhleuchte ausgebildet.

[0013] Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, eine Bestrahlungsanordnung zur optischen Thermolyse zu schaffen, mit der unter Einsatz einer inkoharenten NIR-Lichtquelle eine ausreichende KOHlleistung zur Verhinderung von Verbrennungen in den oberen Hautschichten verfügbar ist. Ein weiteres technisches Problem 1st die Schaffung einer preiswerten und kompakten pulsabaren NIR-Lichtquelle.

[0014] Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch die Merkmale der Patentansprüche 1, 6 und 7. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0015] Durch die einstckige Ausbildung des Lichtwellenleiters aus einem massiven Quarz oder Saphir,

dessen! Umfang! mindestens! teilweise! von! einem! in einem! geschlossenen! Kohlkreislauf! befindlichen! Kohlmittel! umstramt! wird,! stellt! der! Lichtwellenleiter! selbst einen groBen! Warmesenkel! dar,! so! daB! es! beim! direkten Aufsetzen! des! Lichtwellenleiters! auf! die! Hautoberfläche zu! keinen! Verbrennungen! kommt,! da! die! Absorptionswärme! der! oberen! Hautschichten! Ober! einer! direkte Wärmeleitung! abgeführt! wird.! Ein! weiterer! Vorteil! der Anordnung! ist,! daB! durch! die! seitliche! Kohlung! sich! kein Kohlmittel! im! Strahlengang! der! NIR-Lichtquelle! befindet. Ein! weiterer! Vorteil! der! Anordnung! ist,! daB! der Lichtwellenleiter! such! in! der! Lage! ist,! rockgestreute Wärmestrahlung! bis! zu! einer! Wellenlänge! von! 51m! wieder! einzukoppeln! and! abzuführen.

[0016] Vorzugsweise! wind! als! Kohlmittel! eine! Kohlfüssigkeit! verwendet,! da! diese! erheblich! mehr! Wärme im! Vergleich! zu! gasförmigen! Kuhlmitteln! abfahren! kOnnen!.! Prinzipiell! kOnnen! alle! bekannten! Kohlfüssigkeiten verwendet! werden,! wie! beispielsweise! Wasser!, Alkohol oder! Glykol!.! Der! Brechzahlunterschied! zwischen! Saphir bzw.! Quarz! zu! den! verwendeten! Kuhlmitteln! ist! dabei derart! groB!, daB! fast! eine! vollständige Totalreflexion im Lichtwellenleiter! auftritt!.! Der! Strahlungsweg! wird! ähnlich wie! bei! einer! kleinen! Lichtleitfaser! bis! zum! Ort! des des! Hautkontakte! nicht! unterbrochen,! so! daB! am! Austrittsort! gut! durchmischt! Licht! mit! einer! Apertur! aus dem! Verhaltnis! der! beiden! Brechzahlen! austritt.

[0017] In! einer! weiteren! bevorzugten! Ausführungsform! ist! der! Lichtwellenleiter! zylinderförmig! oder! rechteckförmig! ausgebildet. Die zylinderförmige Ausführungsform! läBt! sich! sehr! einfach! herstellen! and mittels 0-Ringen! abdichten!, wobei! der! Durchmesser des! Zylinders! beispielsweise! 12mm! bei! einer! Länge! von 70! mm! beträgt!.! Der! Vorteil! einer! rechteckförmigen! Ausbildung! von! beispielsweise! 8mm! X! 35mm! ist,! daB! längere GefäBe! simultan! in! ihrem! Gesamtverlauf erwärmbar! sind,! so! daB! eine! Wirkungsverminderung durch! die! Eigenkühlung! des! Gefäßes! reduziert! wird.

[0018] In! einer! weiteren! bevorzugten! Ausführungsform! wird! das! langweilige! Infrarot! unterdrückt!.! Hierzu gibt! es! prinzipiell! verschiedene! Möglichkeiten!.! Im! einfachsten! Fall! wird! zwischen! der! NIR-Lichtquelle! and! der Stirnseite! des! Lichtwellenleiters! ein! entsprechender! Filter! angeordnet!, der! diesen! Spektralbereich! unterdrückt. Allerdings! stellt! die! thermische! Belastung! der! Filter! ein Problem! dar!.! Daher! wird! vorzugsweise! der! langweilige Infrarotfilter! der! das! Applikatorende! bildenden! Stirnseite! zugeordnet!, wo! dieser! beispielsweise! mittels! eines geeigneten! thermischen! and! optischen! Kitts! mit! der Stirnseite! verbunden! wird.

[0019] In! einer! alternativen! Ausführungsform! wird ausgenutzt!, daB! die! Kohlfüssigkeiten!, insbesondere Wasser! sehr! gut! langweilige! IR-Filter! darstellen!.! Insbesondere! Wasser! filtert! exakt! die! Spektralbereiche heraus!, die! ansonsten! zu! einer! unerwünschten! Eiweißkoagulation! an! der! Hautoberfläche! fuhren! konnten. Daher! wind! die! der! NIR-Lichtquelle! zugeordnet! Stirnseite! vollständig! innerhalb! der! Kohlfüssigkeit! angeord-

net!.! Zwischen! der! NIR-Lichtquelle! and! der! Stirnseite wird! dann! der! Kohlkreislauf! mittels! eines! Quarz- oder Saphirfensters! verschlossen!.! Die! zuvor! erwähnten! Probleme! beim! Durchgang! in! koherenter! Strahlung! durch eine! Flüssigkeitsschicht! kOnnen! durch! eine! entsprechend! groBe! Apertur! der! NIR-Lichtquelle! geltend! werden!, was! später! noch! natter! erläutert! wird.

[0020] Eine! weitere! Möglichkeit! zur! Unterdrückung der! langwelligen! Infrarotstrahlung! besteht! darin,! beispielsweise! die! NIR-Lichtquelle! in! einem! Brennpunkt eines! Ellipsoid-Reflektors! anzuordnen!, in! dessen! anderem! Brennpunkt! die! Stirnseite! des! Lichtwellenleiters angeordnet! ist!.! Der! Reflektor! besteht! aus! einem! langweilige! Infrarotstrahlung! transmittierenden! Material! wie beispielsweise! Teflon!.! Zur! Verhinderung! einer! direkten Einkopplung! von! der! NIR-Uchtquelle! in! den! Lichtwellenleiter! ist! im! direkten! Strahlengang! ein! Filter! oder! ein weiterer! Reflektor! angeordnet!.! Der! Vorteil! dieser! Anordnung! ist,! daB! die! NIR-Nutzstrahlung! nicht! eine! Flüssigkeitsschicht passieren muB!, jedoch! verliert! die Bestrahlungsanordnung! aufgrund! des! Volumens! des Ellipsoid-Reflektors! etwas! von! seiner! Kompaktheit.

[0021] Eine! weitere! bevorzugte! Anwendung! bezieht sich! auf! den! Einsatz! der! Anordnung! zu! einer! gewebe-schonenden! Kryotherapie!.! Oblicherweise! wird! die! Kryotherapie! mit! einem! Metallapplikator! durchgeführt!, der von! innen! entweder! mit! einem! Kohlmittel!, wie! beispielsweise! R 134 A!, oder! direkt! mit! flüssigem! Stickstoff durchstromt! wird!.! Setzt! man! einen! derartig! vorgekühlten! Applikator! auf! die! zu! behandelnde! Läsion!, wie! beispielsweise! ein! oberflächliches! Karzinom!, auf!, so kommt! es! entsprechend! der! gewebetypischen! Wärmeleitkonstante! and! dem! WärmeObergang! zwischen! Gewebe! and! Applikator! zu! einer! Kalteausbreitung! im Gewebe!.! Diesel! Kalteausbreitung! erfolgt! in! annähernd konzentrischen! Isothermen!, wobei! vor! allem! grüne Bere, schnell! flieBende! GefäBe! das! isothermische! Ausbreitungsprofil! deformieren.

[0022] Der! erfrierungsbedingte! Gewebeschaden wird! durch! eisbedingte!, biophysikalische! Gewebeveränderungen! verursacht!.! Insbesondere! intrazellularem! Eis kommt! Ober! ein! direktes! Zerreiß! von! Zellmembranstrukturen! ein! besonders! schädliche! Rolle! zu!.! Die! Entstehung! von! physikalisch! wirksamem!, intrazellularem Eis! kann! nun! durch! bestimmte! Maßnahmen! verhindert werden!.! Hierzu! gehören! die! Induktion! von! Scherkräften mit! Hilfe! von! Ultraschall!, Magnetfeldern! oder! photoakustischen! Verfahren!.! Darüber! hinaus! ist! es! mit! Hilfe! einer gepulsten!, zeitlich! synchronisierten! Bestrahlung! der! zu schützenden! Hautoberfläche! möglich!, den! Grad! des "undercooling"! erheblich! anzuheben!.! Hierunter! versteht man! die! Absenkung! der! Temperatur! unterhalb! des Schmelzpunktes!, wobei! durch! Abwesenheit! von! Kristallisierungskeimen! die! gewebeschädigende! Eisbildung erheblich! verhindert! werden! kann.

[0023] Mit! der! Anordnung! ist! es! somit! möglich!, tiefe! Gewebsstrukturen! einer! Kryotherapie! zu! unterziehen! and! gleichzeitig! durch! eine! Beeinflussung! der

oberen Gewebeschichten mit Hilfe von optischer, magnetischer und akustischer Energie deren Schädigung zu verhindern. Die bevorzugte Anwendung erlaubt nun erstmal auch die kryotherapeutische Behandlung von tieferen Gewebsstrukturen, wie beispielsweise Haarwurzeln oder Gefäßanomalien. Ein weiterer möglicher Vorteil der Kryotherapie ist ihre gewebsschonende Anwendung.

[0024] Im Gegensatz zu einer Kryotherapie kommt es bei einer Photokoagulation immer zu einer Protein-Denaturierung. Dies ist in der Regel immer eine starke Entzündungsreaktion aus, in dessen Rahmen die beteiligten Entzündungszellen sekundäre Schaden verursachen. Hierzu gehören beispielsweise Narben und Hyperpigmentierungen. Wird die erwünschte Gewebekrose nicht durch Hitzeinwirkung sondern durch Kalteinwirkung erzeugt, so ist die hierbei auftretende Nekrose mit einer wesentlich kleineren Entzündungsreaktion verbunden, da es zwar durch Mikrokristallbildung in den Einzelzellen zu einer Perforation der Zellwand, einen Austritt von Intrazellulärflüssigkeit und nachfolgendem Zelltod kommt, jedoch treten in diesem Fall zu keiner Zeit denaturierte Eiweiße auf. Kryotherapie wurde bisher ausschließlich mit Hilfe von Applikatoren durchgeführt, die eine Schonung der oberen Gewebschichten nicht zulassen.

[0025] Die Bestrahlungsanordnung kann neben der bereits erwähnten optischen Thermolyse auch zur Behandlung von Hamorrhoiden, der lokalisierten Form der Schuppenflechte (Plaque), NIR-Bindegewebsinteraktion (Zellulite) sowie einiger Formen des Prostatahypertrophie-Syndromenkomplexes verwendet werden. Bei einer Senkung der Bestrahlungsstärke kann die Bestrahlungsanordnung bei chronisch rezidivierenden Entzündungen im Nasennebenhöhlen- und Stirnhöhlenbereich eingesetzt werden, wodurch schleimfördernde Einflüsse derartiger Warmbehandlungen ausgenutzt wird. Ein weiteres Anwendungsfeld ist die günstige Beeinflussung von kollagensynthetisierenden Fibroblasten, bei denen durch NIR eine Änderung des Kollagensynthesemusters erreicht werden kann. Hiermit ist sowohl eine positive Beeinflussung von alterungsbedingten Hautfalten als auch der bindegeweblichen ungleichmäßigen Fettzellenanordnung (Zellulite) möglich.

[0026] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst die NIR-Lichtquelle eine Wolfram-Nacktwendel, einen halboffenen Reflektor, eine Schutzgasquelle und eine Spannungspulse erzeugende Spannungsquelle, wobei die Wolfram-Nacktwendel einseitig im Reflektor gesockelt und mit der Spannungsquelle verbunden ist, der Lichtwellenleiter in den halboffenen Reflektor hineinragt, so dass zwischen Lichtwellenleiter und Reflektor eine Offnung definiert wird. Oberhalb der Schutzgasquelle befindet sich ein und/oder ableitbar ist. Vorzugsweise ist der Reflektor als Keramikreflektor ausgebildet und derart dimensioniert, dass dieser direkt auf den Lichtwellenleiter aufgesetzt wird.

den kann. Hierbei kommt es nicht zu einem luftdichten Abschluss, sondern es verbleibt entweder ein umlaufender Randspalt, oder es wird Oberhalb einer oder mehrere kleine Kerben eine Undichtigkeit erzeugt. Oberhalb einer externen Zuleitung, beispielsweise einer feinen Bohrung in der Nähe des Wendelsockels, wird dann das Schutzgas eingeleitet und kann Oberhalb die ffnungen zwischen Lichtwellenleiter und Reflektor entweichen. Dadurch entsteht eine außerordentlich kompakte Anordnung, bei der der Abstand zwischen den emittierenden Wolfram-Nacktwendl und dem Lichtwellenleiter sehr gering ist, so dass die Einkoppelverluste ebenfalls sehr gering sind. Des Weiteren erlaubt diese Anordnung ein einfaches Auswechseln von defekten Wendeln, sowie den problemlosen Einsatz verschiedener Wendelgeometrien, wobei vorzugsweise Flachwendeln zur Anwendung kommen. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung ist, dass diese vollkommen drucklos aufgebaut ist, so dass keine Explosionsgefahr besteht. Im Falle eines Versagens der Schutzgaszuluhr verglüht lediglich die Wendel in wenigen Millisekunden, und das Gerät stellt seine Funktion ein. Im Gegensatz zu gepulsten Gasentladungslampen entfallen bei dieser Anordnung Hochspannungsbauenteile. Bei Verwendung von Niedervoltwendeln und der Bereitstellung entsprechend dimensionierter Kupferzuleitungen kann die Lichtquelle beispielsweise mit 48 V gepulst werden, wodurch die Patientensicherheit weiter erhöht wird. Ein weiterer Vorteil des Schutzgassstromes ist, dass die Glühwendel stärker im Überlastbereich betrieben werden kann, ohne dass es zu einem Aufschmelzen kommt, da der Schutzgassstrom als Kohlensäure für die Wendel wirkt. Des Weiteren ist es möglich, die Oberfläche der Glühwendel mit einer geeigneten Mikrostrukturierung auszubilden, um durch Interferenzeffekte das abgestrahlte Spektrum zu beeinflussen. Da die Strukturierung von Mehrfachwendeln relativ aufwendig ist, kann daher in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform eine Wolframfolie verwendet werden, wie sie aus Bandlampen bekannt ist. Diese Wolframfolie kann dann beispielsweise durch chemische Bedampfungsverfahren oder Ionenätzung mikrostrukturiert werden.

[0027] Alternativ kann die pulsbare NIR-Lichtquelle durch eine Glühwendel-Halogenlampe realisiert werden, die beispielsweise von einer Kondensatorbatterie mit einem rechteckförmigen Überspannungspuls von beispielsweise 500 V über 20-1200 ms betrieben wird. Trotz der extremen Stromstärken von mehreren 10 A kommt es nicht zu einem Durchglühen der Wendel, sondern zu einer überraschend extremen Verkürzung der Anstiegszeit in eine Großenordnung von 7 ms (Vergleich: Wird eine handelsübliche Glühwendel-Halogenlampe an Netz geschaltet, so ist die Anstiegszeit ungefähr 200-300 ms). Durch die extreme Kurzzeit-Oberlastung kommt es darüber hinaus zu einer Erhöhung der Wendeltemperatur auf über 3000°C und hiermit zu einer Verschiebung des Strahlungsmaximums zu kleineren Wellenlangen. Bei einer bevorzug-

ten Ausführung der GLOhwendel aus Wolfram verschiebt sich das Maximum von 1000 nm auf 870 nm. Neben einer esseren Ausnutzung des sogenannten optischen Fensters der Haut, ist auch die Flachenleistung der GWhwendel in Folge ihrer höheren Temperatur und der damit verbundene Wirkungsgrad signifikant erhöht. Ein weiterer Vorteil dieser Betriebsart bezieht sich auf die Beeinflussung der Wolframwendelstruktur selbst. Im **Herstellungprozeß** wird ein fibröses Drahtmaterial verwendet, das eine ausreichende Duktilität für die Biegungsvorgänge besitzt. Für einen befriedigenden Lampenbetrieb ist die Umsetzung in eine kristalline Struktur gunstig. Beispielsweise wird in der US-4,012,659 und der US-4,020,383 beschrieben, daß elektrische Pulse die Lebensdauer von normalen GLO-lampen günstig beeinflussen. Neben der Wolframrekristallisierung wird erwähnt, daß mit Hilfe der Pulse Kontaktprobleme, beispielsweise aufgrund von Oxidation, zwischen der Drahtaufhangung und der Wolframwendel beseitigt werden können.

[0028] Eine weitere Möglichkeit, die Abstrahlleistung weiter zu erhöhen, ist eine möglichst enge Ummantelung der Halogenlampe durch einen Reflektor, der lediglich im Auskoppelbereich geöffnet ist, wobei der Reflektor beispielsweise als polierter Metallreflektor ausgebildet ist. Hierdurch kommt es zu einer Reabsorption der reflektierten Strahlung durch die Wendel und damit zu einer weiteren Erhöhung des Wirkungsgrades im Nutzstrahlbereich.

[0029] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Fig. zeigen:

- Fig.1 eine Prinzipdarstellung einer Bestrahlungsanordnung zur optischen Thermolyse,
- Fig.2 einen Langsschnitt durch den Lichtwellenleiter,
- Fig.3 eine Prinzipdarstellung der Bestrahlungsanordnung mit unterdrückter langwelliger Infrarotstrahlung und
- Fig.4 eine Prinzipdarstellung einer Bestrahlungsanordnung für die Kryotherapie.

[0030] Die Bestrahlungsanordnung 1 zur optischen Thermolyse umfaßt eine pulsbare NIR-Lichtquelle 2, einen Lichtwellenleiter 3 und eine Kuhleinrichtung 4. Die Kuhleinrichtung 4 umfaßt neben einem Sammelgefäß für die Kuhlflüssigkeit 9 einen Zulauf 5, einen Abfluß 6 und einen zylinderschalenförmigen Bereich 7, der den Lichtwellenleiter 3 nahezu vollständig umgibt. Der zylinderschalenförmige Bereich 7 ist mittels O-Ringen 8 hermetisch dicht um den Lichtwellenleiter 3 herum angeordnet, so daß sich ein geschlossener Kohlkreislauf ergibt. Der Lichtwellenleiter 3 ist als massiver Zylinder aus Saphir oder Quarz ausgebildet, dessen der NIR-Lichtquelle 2 zugewandte Stirnfläche 10 möglichst dicht der NIR-Lichtquelle 2 zugeordnet ist. Die gegenüberliegende Stirnseite 11 bildet das Applikatorende,

das direkt auf einen zu behandelnden Hauptsbereich 12 aufgesetzt wird. Die NIR-Lichtquelle 2 ist als GLOhv. rld-Halogenlampe mit einer Glühwendel 13 aus Wc!-ram ausgebildet, die mittels einer nicht dargestellten Spannungsquelle im Überlastbereich angesteuert wird. Um den Quarzkolben der **GLOhwendel-Halogenlampe** ist ein Reflektor angeordnet, der nur im Bereich der Stirnfläche 10 des Lichtwellenleiters 3 offen ist. Die von der NIR-Lichtquelle 2 emittierte NIR-Strahlung wird in die Stirnseite 10 eingekoppelt und tritt an der Stirnseite 11 aus. Die austretende NIR-Strahlung dringt dann in die Haut 12 ein und wird **von den Gefäßen absorbiert**. Der fast vollständig von Kuhlflüssigkeit 9 umströmte **Lichtwellenleiter** 3 stellt dann eine sehr grobe Wärmequelle für die oberste Hautschicht dar und verhindert so Verbrennungen aufgrund zu großer Wärmeentwicklung. Somit übernimmt der Lichtwellenleiter 3 in der Bestrahlungsanordnung 1 eine Doppelfunktion, nämlich die des optischen Leiters und die eines Kuhlelementes. Daher muß das Material sowohl ausreichend gute optische als auch thermische Eigenschaften hinsichtlich der Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Diese beiden **Eigenschaften** werden sehr gut von Saphir, Quarz und Diamant erfüllt, wobei letzterer zwar physikalisch am geeigneten ist, jedoch auch am teuersten ist, so daß zumindest derzeit aus kostentechnischen Gründen eine Verwendung nicht in Frage kommt. Prinzipiell kamen aber Kunststoffe in Frage, die die beiden notwendigen physikalischen Eigenschaften miteinander vereinen.

[0031] In der Fig.2 ist der Lichtwellenleiter 3 im Langsschnitt dargestellt. Die NIR-Nutzstrahlung 14 bewegt sich mittels Totalreflexion im Lichtwellenleiter 3 fort, wenn der Auftrittswinkel an der Grenzfläche zur Kuhlflüssigkeit 9 größer als ein Grenzwinkel ist. Dieser von den Brechzahlen abhängige Grenzwinkel liegt für Saphir und die üblichen Kohlflüssigkeiten bei ca. 30°, so daß die Ausbreitungsverluste außerst gering sind. Aufgrund des Temperaturgradienten an der Haut 12 kommt es zu einem direkten Warmstrom 15 von der Haut 12 zum Lichtwellenleiter 3, wo die Wärme über die Kohlflüssigkeit 9 abgeführt wird. Des Weiteren wird von der Haut 12 reflektierte Warmestrahlung 16 in die Stirnseite 11 des Lichtwellenleiters 3 eingekoppelt und ebenfalls abgeführt.

[0032] In der Fig.3 ist eine Bestrahlungsanordnung 1 mit Unterdrückung langwelliger Infrarotstrahlung dargestellt. Der wesentliche Unterschied zur Bestrahlungsanordnung 1 gemäß Fig.1 besteht darin, daß die der NIR-Lichtquelle 2 zugeordnete Stirnseite 10 des Lichtwellenleiters 3 sich vollständig innerhalb der Kohlflüssigkeit 9 befindet. Zwischen der NIR-Lichtquelle 2 und der Stirnseite 10 ist der Kohlkreislauf mittels eines Quarz- oder Saphirfensters 17 abgeschlossen. Die Apertur der NIR-Lichtquelle 2 und des Quarz- oder Saphirfensters 17 ist dabei wesentlich größer als die der Stirnseite 10 des Lichtwellenleiters 3. Bei diesem Aufbau sind folgende Vorüberlegungen von Interesse.

[0033] Jeder Lichtwellenleiter 3 oder jede Lichtleit-

faser!weist!einen!Offnungswinkel!auf!.Strahlung,!die innerhalb!dieses!Winkels!auf!den!Lichtwellenleiter!trifft, wird!eingekoppelt!und!mittels!Totalreflexion!weitergeleitet. Strahlung!auf3erhalb!dieses Winkels!geht!durch Reflexion!beim!Einkoppeln!bzw.!als!Transmissionsverlust!im!Lichtwellenleiter!verloren!.Der!Offnungswinkel!ist abhangig!von!der!Differenz!der!Brechungsindices. Bei!Luft!als!Umgebung!gilt:

$$\sin i = (n_{\text{Kern}}^2 - n_{\text{Mantel}}^2)^{1/2}$$

wobei!i!der!Akzeptanzwinkel!der!Faser!ist!.Befindet!sich der!Lichtwellenleiter!3!ohne!separaten!Mantel!an!der Luft,!so!ist!der!Akzeptanzwinkel!90°!fur!alle!Materialien mit!einem!Brechungsindex!grO3er!2^{1/2}, so!daB!die gesamte!Strahlung!aus!dem!Halbraum!in!die!Faser!eingekoppelt!and!weitergeleitet!wird!.Da!der!Brechungsindex von Saphir 1,77 betragt, existiert ein Akzeptanzwinkel!von!90°!fur!alle!Mantelmaterialien!mit einem!Brechungsindex!kleiner!1,46!(z.B.!Wasser)!.Aufgrund!der!winkelabhangigen!Reflexion!treten!erhebliche Reflexionsverluste!bei!Einfalls winkeln!grOber!70°!auf. Aufgrund!dieser!Tatsache!kOnnen!die!Einkoppel-Verluste!durch!den!Durchgang!durch!die!wasserhaltige!Kuhflussigkeit 9!durch!eine!entsprechend!vergrOBerte Apertur!der!Gluhwendel!13!bzw.!der!Bandwendel!kom pensiert!werden.

[0034] Das!Quarzfenster!17!ist!beispielsweise!2 mm!dick!and!der!Abstand!zwischen!der!Innenseite!des Quarzfensters!17!zur!Stirnflache!10!des!Lichtwellenleiters!3!ca.!4!mm!.Daraus!ergibt!sich!bei!einem!Durchmesser!des!Lichtwellenleiters!3!von!13!mm!ein optimaler!Durchmesser!der!NIR-Lichtquelle!2!von!24 mm!.Die!Ausbildung!des!Fensters!17!aus!Quarz!hat gegenüber!Saphir!neben!dem!Vorteil!der!geringeren Kosten!den!weiteren!Vorteil!,daB!das!Quarz!bereits einen!Teil!des!langwelligen!infrarotlichtes!absorbiert. Die!restliche!langwellige!infrarotstrahlung!wird!dann!von der!Kuhflussigkeit!9!absorbiert!.Zur!Unterdruckung moglicher Anteile!der!Nutzstrahlung!im!sichtbaren Bereich!konnen!diese!durch!geeignete!Farbstoffe!in!der Kuhflussigkeit!herausgefiltert!werden.

[0035] In!einer!alternativen!Ausfuhrungsform!wird das!Quarzfenster!17!and!die!darunterliegende!Flüssigkeitsschicht!durch!einen!Konus!aus!optisch!transparentem Material ersetzt. Als Material kommen insbesondere!Quarz!oder!BK7-Glas!in!Frage!.Die!Stirn flachen!des!Konus!sind!vorzugsweise!plangeschliffen and!poliert!.Der!lampennahe!Durchmesser!der!ersten Stirnflache!betrugt!beispielsweise!30!mm!,wohingegen der!lampenferne!Durchmesser!ca.!12!mm!betrugt!.Der Konuswinkel!liegt!dabei!zwischen!10-15°!.Vorzugsweise ist der!gesamte!Konus!von!einem!infrarotreflektierendem!Trichter!umgeben!,der!vorzugsweise!durch!eine Goldschicht!gebildet!wird!.Zwischen!Trichter!and!Konus bleibt!ein!Randspalt!erhalten!,urn!einerseits!die!Totalreflexion!zwischen!Konusmaterial!and!Luft!auszunutzen. Andererseits!wilt!der!vergoldete!Trichter!Lichtstrahlen

zurUck!in!das!optische!System!,die!den!Grenzwinkel!fur die!Totalreflexion!uberschritten!hatten!.Die!optische Kopplung!zwischen!der!lampenfernen!Stirnflache!des Konus!and!des!Lichtwellenleiters!3!erfolgt!vorzugsweise durch!SilikonO!im!Kapillarspalt!beider!Stirnflachen!.Der Lichtwellenleiter!3!ist!vorzugsweise!als!Saphirstab!aus gebildet!and!wird!teilweise!im!Mantelbereich!durch!eine FIUsigkeits perfusion!gekuhlt!.In!Abhangigkeit!von!der Infrarotabsorption!des!Perfusionskuhlmittels!kann!es 5 vorteilhaft!sein!,den!Saphirzyylinder!im!Bereich!des!FIUsigkeitsmantels!zu!vergolden!,da!der!Flussigkeitsmantel im!Vergleich!zu!einem!Luftmantel!den!Grenzwinkel!fur die!Totalreflexion!absenkt!.Alternativ!zur!Goldschicht auf!dem!Saphirzyylinder!kann!dieser!auch!in!einer!Hulse 10 aus!IR-reflektivem!Material!gefuhrt!werden!.Patientenseitig!ragt!der!Saphir!ca.!2!bis!3!cm!aus!der!Fassung!,um eine!mOglichst!hohe!optische!Transparenz!der!Behandlungs flache!zu!gewahrleisten!.Die!mittel-!and!langwei lige!IR-Absorption!wird!entweder!durch!den!Werkstoff des!Konus!,wie!beispielsweise!BK7-Glas!,oder!mittels Filtern!erreicht!,wobei!die!Filter!vorzugsweise!zwischen Konus!and!Saphirzyylinder!angeordnet!werden.

[0036] In!der!Fig.4!ist!eine!Bestrahlungsanordnung 1!fur!die!Kryotherapie!dargestellt!,die!in!ihrem!Aufbau 25 der!Bestrahlungsanordnung!1!gemal3!Fig.!3!entspricht. Zusätzlich!weist!die!Bestrahlungsanordnung!1!einen piezokeramischen!Ultraschalltransducer!18!auf!,der eine!ungewollte!Eiskristallbildung!verhindern!soli!.Diese Betriebsart!unterscheidet!sich!von!der!vorher!genann ten!optischen!Thermolyse!dadurch!,daB!die!erwünschten Gewebeinwirkungen, wie beispielsweise Thrombosierung!von!Krampfadern!,nicht!in!einer!Warmezufuhr!,sondern!in!einem!Wärmeentzug!bestehen. Deshalb!ist!es!erforderlich!,die!Temperatur!des!Kuhflittelapplikators!so!weit!wie!mt!glick!zu!senken!,wzu!als Kuhflussigkeit!9!vorzugsweise!flüssiger!Stickstoff!ver wendet!wird!.Die!optische!Energie!der!NIR-Lichtquelle!2 wird!in!diesem!Fall!lediglich!fur!die!Erwärmung!der obersten!Hautschichten!verwendet!.Die!hiert!erforderliche!Energie!von!beispielsweise

5!-!20!J!ist!wesentlich!geringer!als!fur!die!direkte!Photo koagulation!von!beispielsweise!100!-!300!J!.In!Abhängigkeit von der!gewebstypischen!Anzahl an Kristallkeimpunkten!sowie!deren!Wachstumsverhalten ist es!sinnvoll!,eine!hierauf!abgestimmte!gepulste Bestrahlung!durchzufuhren!.Hierdurch!wird!in!den!oberen!Gewebe schichten!ein!zyklischer!Temperaturverlauf erzeugt!,der!die!Entstehung!von!intrazellularem!Eis!ver hindert. Hierdurch!kann!die!Temperatur!zum!Teil!weit 50 unter!den!Schmelzpunkt!der!Gewebe flüssigkeit!ab gesenkt!werden!,ohne!daB!es!zul einer!Eisbildung!im Gewebe!kommt!.Die!durch!den!Ultraschall-Transducer 18!erzeugte!Ultraschallenergie!verursacht!daruber!hin aus!Scherkräfte!,die!der!Eisbildung!zusätzlich!ent gegenwirken.

[0037] Das!Gewebe!wird!in!diesem!sogenannten Zustand!des!"supercooling"!in!keiner!Weise!geschadigt, da!lediglich!alle!biochemischen!Prozesse!reversibel

stark! verlangsamt! werden,! ohne! daß! es! zu! einem mechanischen! Zell-! oder! Gewebeschaden! kommt!. Für die! Gefrierwirkung! auf! das! tieferliegende! Gewebe! ist der! mittlere! Temperaturgradient! der! Geweboberfläche zum! tieferen! Gewebe! entscheidend!. Da! Temperaturen von! unterhalb! ca.! -40°C ausreichen!,! irreversible! Gewebebeschäden! zu! erzeugen!,! muß! die! Temperatur! des! Kohl-mittelapplikators! so! tief! gewählt! werden!,! daß! unter Berücksichtigung! des! zu! erreichenden! supercooling-Zustandes! bzw.! der! zyklischen! Temperaturanhebung! in Gefrierpunktsnahe! immer! noch! ein! ausreichender! Kaltegradient! vorhanden! bleibt!. Ein! direkt! mit! flüssigem Stickstoff gefüllter Saphirapplikator, durch! dessen Querschnitt eingestrahlte optische Energie! die! oberen Hautschichten! bis! auf! 0°C! kurzzeitig erwärmt!,! verursacht! einen! effektiven! Temperaturgradienten! von! beispielsweise! ca.! -80! °C!. Diese! Temperatur! ist! mehr! als ausreichend!,! um! eine! ausreichend! schnelle! Gefrierzonenausbreitung! in! den! gewünschten! Arealen! zu! erreichen.

Patentansprüche

1. Bestrahlungsanordnung,! insbesondere! zur! optischen! Thermolyse,! umfassend! eine! nichtkoharente NIR-Lichtquelle,! einen! der! NIR-Lichtquelle! zugeordneten! Lichtwellenleiter! und! eine! Kohleinstruktur, dadurch! gekennzeichnet,! daß
der! Lichtwellenleiter! (3)! einstöckig! aus! einem! massiven! Saphir! oder! Quarz! gebildet! ist,! um! dessen Umfang mindestens! teilweise ein! in! einem geschlossenen! Kohlkreislauf! befindliches! Kohlmittel! sich! befindet.
2. Bestrahlungsanordnung! nach! Anspruch! 1,! dadurch gekennzeichnet,! daß! das! Kohlmittel! als! Kohlflosigkeit! (9)! ausgebildet! ist.
3. Bestrahlungsanordnung! nach! Anspruch! 1 oder 2, dadurch! gekennzeichnet,! daß! der! Lichtwellenleiter! (3)! zylindrisch! oder! quaderförmig! ausgebildet! ist.
4. Bestrahlungsanordnung! nach! einem! der! vorangegangenen! Ansprüchen,! dadurch! gekennzeichnet, daß! der! Stirnseite! (10)! des! Lichtwellenleiters! (3)! innerhalb der! Kohlfüssigkeit! (9)! angeordnet! ist! und! der! Kohlkreislauf! im! Bereich! zwischen! der! NIR-Lichtquelle! (2)! und! der! Stirnseite! (10)! des! Lichtwellenleiters! (3)! mittels eines! Quarz-! oder! Saphirfensters! geschlossen! ist.
5. Bestrahlungsanordnung nach! einem! der! Ansprüche! 2! oder! 3,! dadurch! gekennzeichnet,! daß! die Stirnseite! (10)! des! Lichtwellenleiters! (3)! innerhalb der! Kohlfüssigkeit! (9)! angeordnet! ist! und! der! Kohlkreislauf! im! Bereich! zwischen! der! NIR-Lichtquelle! (2)! und! der! Stirnseite! (10)! des! Lichtwellenleiters! (3)! mittels eines! Quarz-! oder! Saphirfensters! geschlossen! ist.
6. Bestrahlungsanordnung! nach! einem! der! Ansprü-

the! 2! bis! 4,! dadurch! gekennzeichnet,! daß! zwischen der! NIR-Lichtquelle! (2)! and! dem Uchtwellenleiter! (3)! ein! Konus! aus! optisch! transparentem! Material! angeordnet! ist,! dessen! kleinerer Durchmesser! dem! Lichtwellenleiter! (3)! zugeordnet ist.

- 5 7. Bestrahlungsanordnung nach Anspruch 6!, dadurch! gekennzeichnet,! daß! der! Konus! aus! Quarz oder! BK7-Glas! besteht.
- ro 8. Bestrahlungsanordnung! nach! Anspruch! 6! oder! 7, dadurch! gekennzeichnet,! daß! um! den! Konus! ein infrarotreflektierender! Trichter! angeordnet! ist.
- 15 9. Bestrahlungsanordnung! nach! einem! der! Ansprüche! 2! bis! 8,! dadurch! gekennzeichnet,! daß! der Lichtwellenleiter! im! Bereich! der! Flüssigkeitskuh lung mit einer! infrarotreflektierenden Schicht beschichtet! oder! in! einer! infrarotreflektierenden Hülse! geführt! ist.
- 20 10.! Pulsbare! NIR-Lichtquelle! zur! Erzeugung! von! Puls-längen! großer! 20ms,! insbesondere! zur! Verwendung! in! einer! Bestrahlungsanordnung! nach! einem der! vorangegangenen! Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet,! daß! die! NIR-Lichtquelle! (2)! eine! Wolfram-Nacktwendel,! einen! halboffenen! Reflektor, einen! Lichtwellenleiter! (3),! eine! Schutzgasquelle! and! eine! Spannungspulse! erzeugende Spannungsquelle! umfaßt, wobei! die! Wolfram-Nacktwendel! einseitig! im! Reflektor! gesockelt! und mit der! Spannungsquelle! verbunden! ist,! der! Lichtwellenleiter! (3)! in! den! halboffenen! Reflektor! hineinragt, so! daß! zwischen! Lichtwellenleiter! (3)! und Reflektor! eine! Öffnung! definiert! wird,! Ober! die Schutzgas! in! den! Reflektor! ein-! and/oder! ableitbar ist.
- 25 11. Pulsbare! NIR-Lichtquelle! zur! Erzeugung! von! Puls-längen! großer! 20ms,! insbesondere! zur! Verwendung! in! einer! Bestrahlungsanordnung! nach! einem der! Ansprüche! 1! bis! 3,! dadurch! gekennzeichnet, daß! die! NIR-Lichtquelle! (2)! als! GIOhwendel-Halogenlampe! ausgebildet! ist,! der! eine! Spannungspulse! erzeugende! Spannungsquelle! zugeordnet! ist, wobei! die! Spannungspulse! einen! Überlastbe trieb! der! GIOhwendel-Halogenlampe! erzeugen.
- 30 40 12.! Pulsbare! NIR-Lichtquelle nach Anspruch! 11, dadurch! gekennzeichnet,! daß! die! GIOhwendel! (13) aus! Wolfram! gebildet! ist.
- 35 45 13.! Pulsbare! NIR-Uchtquelle! nach! Anspruch! 11! oder 12,! dadurch! gekennzeichnet,! daß! urn! den! Quarzhohlkörper! der! GIOhwendel-Halogenlampe! teilweise ein! Reflektor! angeordnet! ist.
- 50 55

14.!Pulsbare!NIR-Lichtquelle!nach!einem!der!AnsprO-
che!10!bis!13,!dadurch!gekennzeichnet,!daB!die
strahrende!Flache!durch!chemische!und!oder!phy-
sikalische!Verfahren!mikrostrukturiert!ist,!so!daB
unerwunschte Wellenlängen!interferenzoptisch 5
ausgelöscht!werden.

10

15

20

25

30

35

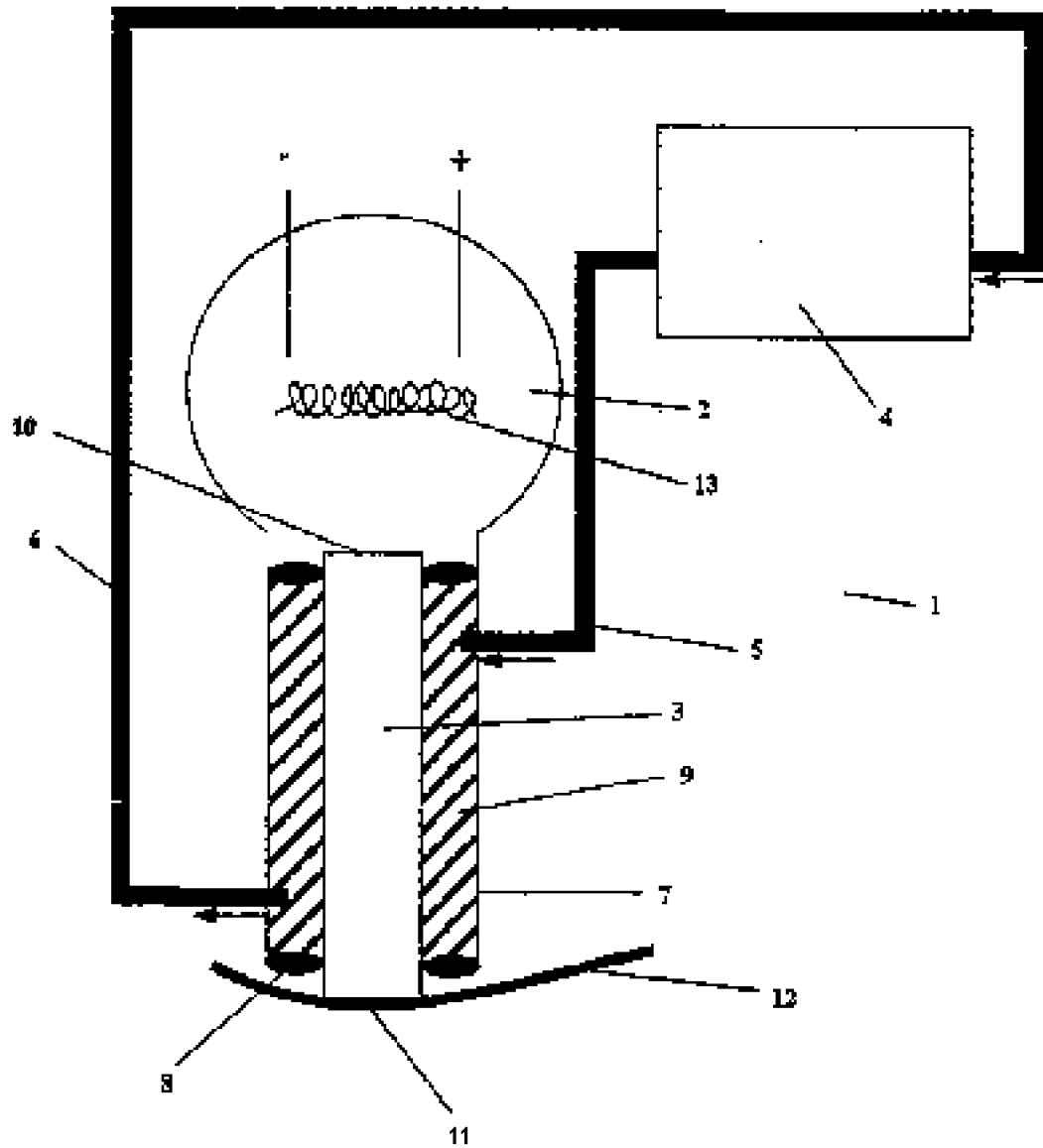
40

45

50

55

Fig.1



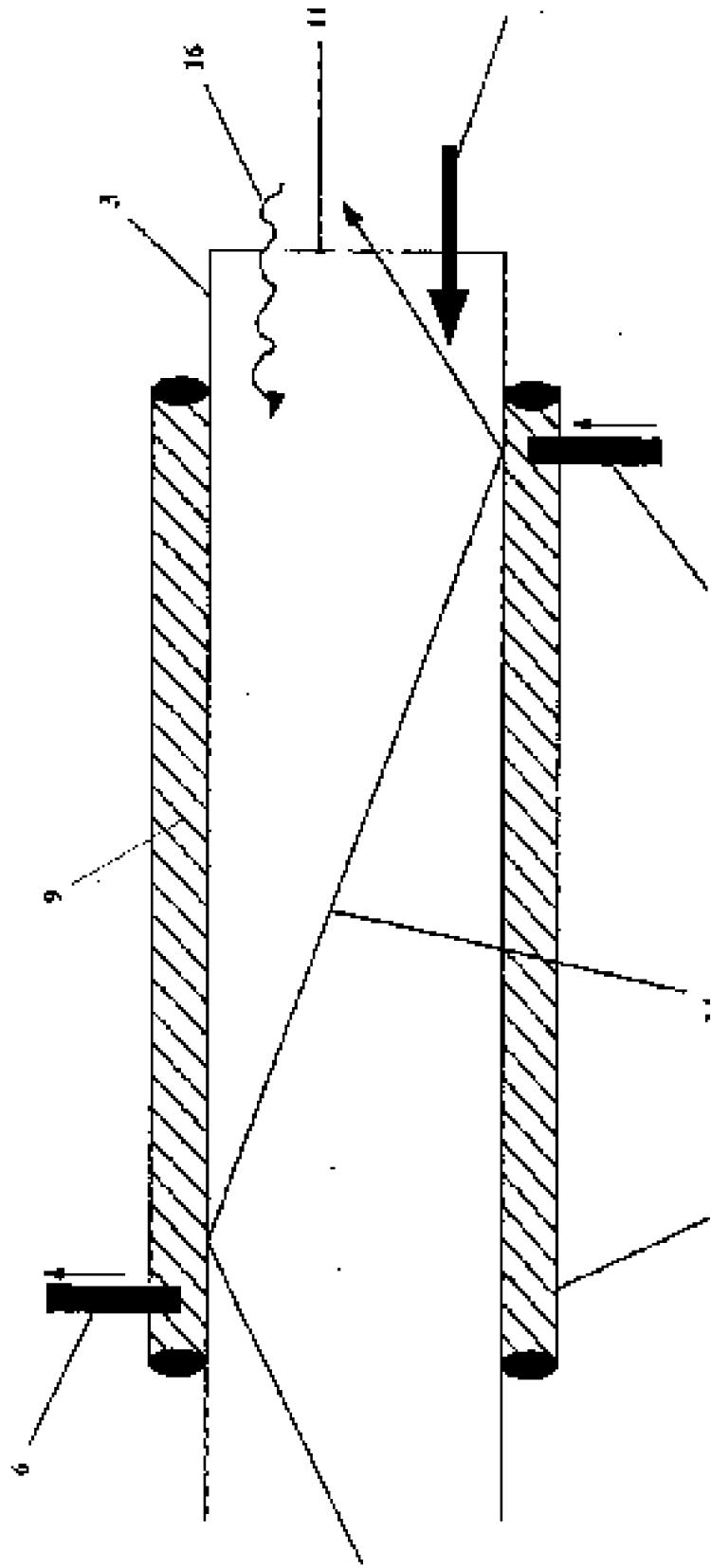


Fig3

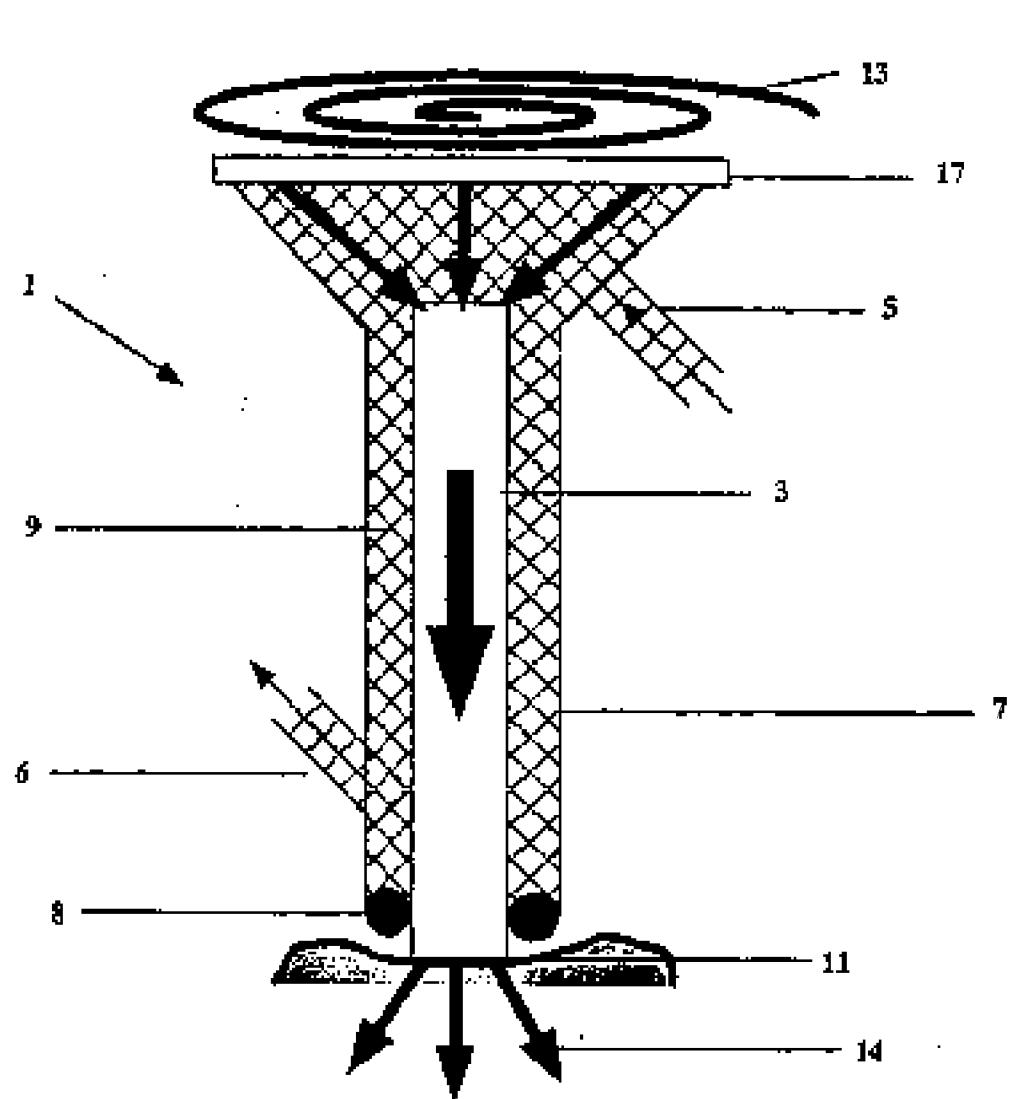


Fig.4

